

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11156563 A**(43) Date of publication of application: **15.06.99**

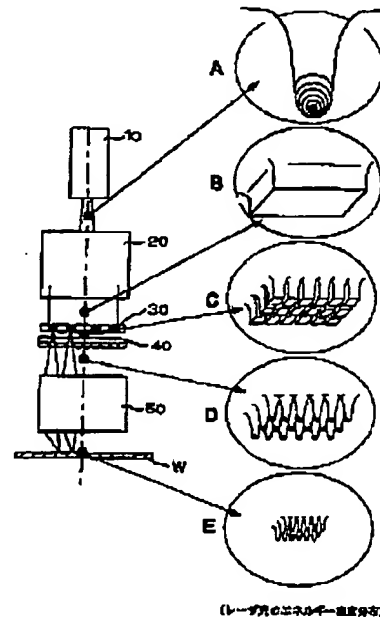
(51) Int. Cl.

B23K 26/00**B23K 26/06****// H01L 21/02**(21) Application number: **09323080**(22) Date of filing: **25.11.97**(71) Applicant: **KOMATSU LTD**(72) Inventor: **CHIBA TEIICHIRO
MORI AKIRA
KOMURA TAKASUKE****(54) LASER BEAM MICRO MARKING DEVICE AND MARKING METHOD****(57) Abstract**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a dot marking device and a marking method therefor which enables to obtain a down mark shape which is minute but excellent in its visibility and correctly forms such a minute dot.

SOLUTION: This device is equipped with a laser oscillator (10), a beam homonizer (20) to smoothen an energy distribution of a laser beam irradiated from the laser oscillator (10), a liquid crystal mask (30) to make the laser beam into a transmittal/non-transmittal status by a control driving of the laser beam compliance with a displayed pattern, a beam profile changing means (40) to transform an energy density distribution of the laser beam into a given distribution shape form corresponding to one dot of the liquid crystal mask (30), and a lens unit (50) to form an image of a beam transmitted through the crystal mark (30) onto a semi-conductor wafer surface by a dot unit. The maximum length of one liquid crystal mask dot is 50-2,000 μm and the maximum length of one dot by the lens unit is 1-10 μm . A peripheral wall of a hole opening of the dot mark formed by the device is cut in a sharply slanted shape like, for example, a barnacle shape and a difference of contrast between inside and outside of the hole is made extremely large.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-156563

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月15日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

B 2 3 K 26/00

B 2 3 K 26/00

B

J

N

Z

A

26/06

26/06

// H 0 1 L 21/02

H 0 1 L 21/02

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願平9-323080

(22) 出願日

平成9年(1997)11月25日

(71) 出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目3番6号

(72) 発明者 千葉 貞一郎

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究本部内

(72) 発明者 森 彰

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究本部内

(72) 発明者 小村 隆輔

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究本部内

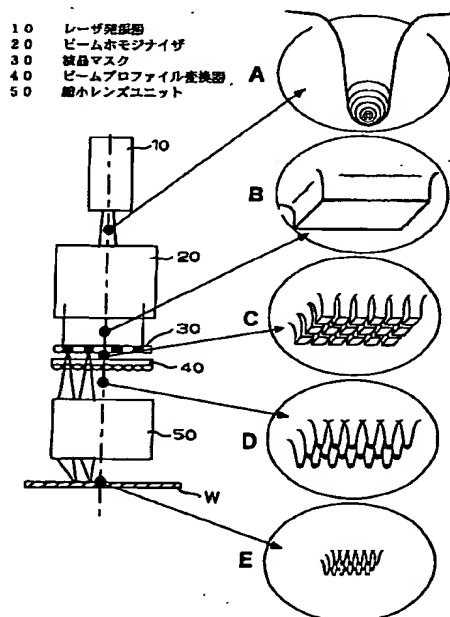
(74) 代理人 弁理士 野口 武男

(54) 【発明の名称】 レーザ光による微小マーキング装置とそのマーキング方法

(57) 【要約】

【課題】 微小なドットマークであっても視認性に優れたドット形状を得ることと、かかる微小なドットを正確に形成し得るためのドットマーキング装置とそのマーキング方法を提供する。

【解決手段】 レーザ発振器(10)と、前記レーザ発振器(10)から照射されるレーザビームのエネルギー分布を平滑化するビームホモジナイザ(20)と、パターンの表示に合わせて前記レーザビームを制御駆動して透過／非透過状態にする液晶マスク(30)と、前記液晶マスク(30)の1ドットに対応して、前記レーザビームのエネルギー密度分布を所要の分布形状に成形変換するビームプロファイル変換手段(40)と、前記液晶マスク(30)の透過ビームをドット単位で半導体ウェハ表面に結像させるレンズユニット(50)とを備えており、前記液晶マスクの1ドットの最大長さが50～2000 μ mであり、前記レンズユニットによる1ドットの最大長さが1～10 μ mとする。この装置により形成されるドットマークは穴開口の周壁が急峻な傾斜で切り込まれた、例えば藤壺形状をなしており、穴の内外明暗差が極めて大きいものである。



(レーザ光のエネルギー密度分布)

本発明の微小ドットマーキング装置とレーザ光のエネルギー密度分布(ビームプロファイル)の変換過程を模式的に示す説明図

【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザを光源として被マーキング物品の表面に文字、バーコードなどをマーキングするマーキング装置であって、

レーザ発振器と、

前記レーザ発振器から照射されるレーザビームのエネルギー分布を平滑化するビームホモジナイザと、

パターンの表示に合わせて前記レーザビームを透過／非透過駆動される液晶マスクと、

前記液晶マスクの1ドットに対応して、前記レーザビームのエネルギー密度分布を所要の分布形状に成形変換するビームプロファイル変換手段と、

前記液晶マスクの透過ビームをドット単位で半導体ウェハ表面に結像させるレンズユニットとを備えてなり、

前記液晶マスクの1ドットの最大長さが50～2000μmであり、

前記レンズユニットによる1ドットの最大長さが1～15μmである、ことを特徴とするレーザビームによる微小マーキング装置。

【請求項2】 前記1ドットごとの加工深さが0.5～10μmである請求項1記載の微小マーキング装置。

【請求項3】 前記ビームプロファイル変換手段が前記液晶マスクの前後のいずれかに配されてなる請求項1記載の微小マーキング装置。

【請求項4】 前記液晶マスクの1ドットの最大長さが、前記ビームプロファイル変換手段と前記液晶マスクとの配置間隔の0.1～10倍である請求項3記載の微小マーキング装置。

【請求項5】 前記液晶マスクの透過ビームのエネルギー及び／又は尖頭値の制御手段を備えてなる請求項1記載の微小マーキング装置。

【請求項6】 前記ビームプロファイル変換手段が回折現象を利用する光学部材からなる請求項1記載の微小マーキング装置。

【請求項7】 前記ビームプロファイル変換手段が反射現象を利用する光学部材からなる請求項1記載の微小マーキング装置。

【請求項8】 前記ビームプロファイル変換手段が屈折現象を利用する光学部材からなる請求項1記載の微小マーキング装置。

【請求項9】 前記ビームプロファイル変換手段によるレーザビームの変換密度分布が、藤壺型のドット形状となる形状である請求項5～8のいずれかに記載の微小マーキング装置。

【請求項10】 請求項1記載の装置を用いてなる微小マーキングの形成方法であって、

前記ビームホモジナイザにより前記レーザ発振器から照射されるレーザビームのエネルギー分布を均整化すること、

1ドットの最大長さが50～2000μmである前記液

晶マスクを駆動制御して所望のパターンを形成し、前記ビームホモジナイザにより均整化されたレーザビームを前記液晶マスクに照射すること、

前記ビームプロファイル変換手段を前記液晶マスクのドットマトリックスに対応する同一サイズのドットマトリックスにて構成すること、

前記ビームプロファイル変換手段を通過するレーザビームのエネルギー密度分布をドット単位で所望の形状に成形すること、及び前記ビームプロファイル変換手段により所望の形状に成形された1ドットごとの各レーザビームを、前記レンズユニットにより1ドットの最大長さが1～10μmとなるように縮小して前記被マーキング物品の表面に結像させること、を特徴とするレーザビームによる微小マーキング方法。

【請求項11】 前記液晶マスクに対してレーザビームを一括照射する請求項10記載の微小マーキング方法。

【請求項12】 前記液晶マスクに対してレーザビームを走査させて照射する請求項10記載の微小マーキング方法。

【請求項13】 前記1ドットごとの加工深さが0.5～10μmである請求項11又は12記載の微小マーキング方法。

【請求項14】 前記ビームプロファイル変換手段によるレーザビームのエネルギー密度分布の変換を、前記液晶マスクの透過前又は透過後に変換させる請求項10記載の微小マーキング方法。

【請求項15】 前記ビームプロファイル変換手段と前記液晶マスクとの配置間隔を前記液晶マスクの1ドットの最大長さの0～10倍に設定する請求項14記載の微小マーキング方法。

【請求項16】 前記液晶マスクの透過ビームのエネルギー又は尖頭値を制御する請求項10記載の微小マーキング方法。

【請求項17】 前記ビームプロファイル変換手段が回折現象を利用する光学部材からなり、同回折現象を利用して前記レーザビームのエネルギー密度分布を変換する請求項10記載の微小マーキング方法。

【請求項18】 前記ビームプロファイル変換手段が反射現象を利用する光学部材からなり、同反射現象を利用して前記レーザビームのエネルギー密度分布を変換する請求項10記載の微小マーキング方法。

【請求項19】 前記ビームプロファイル変換手段が屈折現象を利用する光学部材からなり、同屈折現象を利用して前記レーザビームのエネルギー密度分布を変換する請求項10記載の微小マーキング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の技術分野】 本発明は半導体ウェハ表面の規格位置、液晶基板などのガラス基板、ベアチップなどの電極（パッド）、IC表面、各種セラミック製品、さらに

はICのリード部などの被マーキング物品の表面にマーキングされる製品管理用あるいは各種セキュリティ用のドットマークのドット形状を微小化するとともに、その光学的な視認性を向上させたドットマーキング装置と同一マーキング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、半導体製造工程にあっては、各工程ごとに多様で且つ厳密な製造条件を設定する必要があり、これらを管理するために、半導体ウェハの一部表面に数字、文字或いはバーコードなどからなるマーキングがドット表示される。しかして、半導体の製造工程数は100工程以上にもおよび、しかも各工程において多数の素子形成処理や平坦化処理がなされる。これらの処理には、例えばレジスト塗布、レジスト上へのパターンの縮小投影やレジスト現像、或いは銅配線などにより発生するギャップの埋め込みのために絶縁膜や金属膜などの各種の成膜による平坦化がある。

【0003】一方、上記ドットによるマーキングは、通常、連続パルスレーザビームを光学系を介して半導体ウェハの一部表面に照射することによりなされる。しかも、このマーキングは一回に限らず、各製造工程の履歴特性を知るためにも、各製造工程にて必要最小限の履歴データをマーキングすることが多い。しかしながら、半導体ウェハにおけるマーキングは極めて狭い領域に限られているため、マーキングされるドットの大きさ及び数にも限界があり、そのマーキング領域、ドットの大きさ、ドット数がSEMI規格などにより規定されている。

【0004】ドットマーキングがなされた半導体ウェハは、例えば特開平2-299216号公報に開示されている如く、He-Neレーザのレーザ光の照射による反射率の変化、或いは通常のレーザ光の熱波の振動の変化として読み取られ、その読み取られた情報に基づき、以降の製造工程における各種の製造条件が設定される。従って、前述の読み取りが正確になされず、誤った情報として読み取る場合には、偶然を除くと全てが不良品となる。その読み取り不良の原因の大半はドットマーキングによるマークの不鮮明さに基づいている。この不鮮明さの1つの要因としては、マークを形成するドットの深さが少ない場合に、上述の成膜によりドットが埋められてしまうためであり、そのためドットの深さをある程度深くする必要がある。

【0005】そこで、所要のドット深さを得ようとして、通常は1回の大エネルギーのレーザビーム照射により半導体ウェハの一部をスポット状に熔融除去してドットを形成しているが、この場合に熔融除去された熔融物がドット周辺に高く堆積し、或いは飛散してその飛散物がドットの周辺部に付着し、素子形成を不可能にしたりして品質に大きな影響を与える。更には、YAGレーザによるドットマーキングの場合には、YAGレーザの特

殊性により、或いはそのQスイッチ操作のためレーザ出力に変動が生じやすく、ドットの深さや大きさにバラツキが生じる。

【0006】かかる不具合を解消すべく、例えば特開昭59-84515号公報、特開平2-205281号公報によると、比較的小さいエネルギーのパルスレーザ光を同一ポイントに重複して照射するものがある。前者にあっては、1個のドットを形成するにあたり各パルスごとに順次ドット径を小さくして、同一ポイントに複数回重複して照射し、ドットの孔径を順次小さくしながら深いドットを形成しており、後者にあっては、1回目のレーザパルス照射を1KHz以下の周波数とし、続いて照射されるレーザパルスの周波数を2~5KHzの高繰り返し周波数として、0.5~1.0μm或いは1.0~1.5μmの深さのドットを形成している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかして、上記ドットに対する読み取りの不鮮明さ（以下、視認性という。）の原因の一つとしては上述の深さにあることも確かではあるが、ドットの深さが深くされていても、その開口部の径が大きい場合には、例えば所要の深さを得るに十分なレーザ光を照射する場合に、そのエネルギー密度は一般にガウシアン分布であるため、全体としては滑らかな曲面となってしまう、上述の如き読み取り手段では周辺との差を判断しがたい場合が生じる。

【0008】一方、上記特開平2-205281号公報にはドット深さについて上述の如く0.5~1.0μm或いは1.0~1.5μmである旨が具体的に記載されているが、その径については何ら記載がなく、またそのドット形状についてもガウシアン形状であると紹介されているに過ぎない。

【0009】また、上記特開昭59-84515号公報の開示によれば、第1回目のドットの開口径が100~200μmに対して深さが1μm以下とあり、具体的には4回のレーザ光照射がなされることが記載されていることから、この場合のドット深さはせいぜい3~4μmである。また同公報の図面から、1回に形成されるドット形状もガウシアン形状に近似している。

【0010】従って、これらの公報に開示されたマーキング方法によれば、所要のドット深さ及びある程度の均整な大きさのドットが形成されるとは考えられるが、形成されたドット形状は従来の形状に近く、従って、上記視認性の点では相変わらず確実性に欠けているといわざるを得ない。また、形成されるドットの大きさ（径）についてみても、これを微小にするという点について格別の開示がなされていないことから、従来の寸法を変更するものではなく、従って現時点における、例えばSEMI規格で規定された数値を踏襲しているに過ぎず、ドット数及びドット形成領域についても実質的には大幅な増加が期待できない。

【0011】本発明は、かかる従来の課題を解消すべくなされたものであり、その具体的な目的は、微小であるにも関わらず視認性に優れたドット形成を可能にする被マーキング物品に対するドットマーキング装置とその方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段及び作用効果】前記目的は本件請求項1～19に記載された各発明により達成される。本発明者等は従来のこの種のドットマーキング装置、方法及び形成されるドット形状について改めて詳しい検討及び分析を行ったところ、微小であるにも関わらず視認性を確実にする要因は主にドット形状にあり、その理想的な形状を得るためには従来のマーキング装置及び方法では実現が不可能であることを知った。

【0013】すなわち、例えば図18に示し、上記特開平2-205281号公報にも開示されているように、従来のマーキング装置によれば、先ず半導体ウェハに印字するための文字入力、マーキングモードが入力部18で設定される。マーカーコントローラ16は、設定されたマーキングモードに従って所定の深さをもつドットをウェハ15にマーキングするため、超音波Qスイッチ素子2、内部シャッタ5、外部シャッタ7、アッテネータ（光減衰器）12及びガルバノミラー13を制御し、1個のドットに対して1回のQスイッチパルスでマーキングする。なお、同図中の符号1は全反射鏡、3は内部アパーチャ（モードセクタ）、4はランプハウス、6は出力鏡、8はアパーチャ、9はレベリングミラー、10はガリレオ式エキスパンダ、11はアパーチャ、14はf- θ レンズ、17はYAGレーザ発振器である。

【0014】かかる一般的なマーキング方式によると、既述したとおり半導体ウェハ表面に照射されるレーザ光のエネルギー密度分布はガウシアン形状を呈しているため、ウェハ表面に形成されるドットもそのエネルギー密度分布に影響されてドット内面がなだらかな曲面をなす。これらのマーキング方式は米国特許第4,522,656号の発明に基づいている。この特許の特徴は、マーキングするドット径の1.5～6.5倍の径をもつレーザ光径をウェハ表面に照射することで、周囲への熱伝導を防止し、エネルギーを効果的に利用して、照射ポイントの中央部を熔融して穴を形成することにある。つまり、レーザ光が有するガウシアン形状に分布されたエネルギー密度を有効に利用する方法であって、前記エネルギー密度分布形状の裾野にあたるレーザ強度の低い部分のエネルギーを穴加工部の周辺に照射することによって穴周辺部を暖め、穴中央部からの熱伝導による熱エネルギーの損失を防ぎ、中央部に効果的に穴加工を実現しようとするものである。しかしながら、レーザエネルギーの一部が直接穴加工に使われず消費されることになり相変わらず非効率的であるばかりでなく、穴の周囲へのレーザ照射により穴周辺部に熱履歴が残り、そのため製品

に悪い影響を与えかねない。

【0015】本発明は、上述の課題を解消することを目的としてなされたものであり、具体的には微小なドットマークであっても視認性に優れたドット形状を得ることを第1の目的とし、かかる微小なドットを正確に形成し得るためのドットマーキング装置とそのマーキング方法を提供することを第2の目的としている。他の目的は、以下に説明により更に明らかにされる。

【0016】

【課題を解決するための手段及び作用効果】前記目的は、本件請求項1に係る発明の構成をなすレーザを光源として被マーキング物品の表面に文字、バーコードなどをマーキングするマーキング装置であって、レーザ発振器と、前記レーザ発振器から照射されるレーザビームのエネルギー分布を平滑化するビームホモジナイザと、パターンの表示に合わせて前記レーザビームを透過/非透過駆動される液晶マスクと、前記液晶マスクの1ドットに対応して、前記レーザビームのエネルギー密度分布を所要の分布形状に成形変換するビームプロファイル変換手段と、前記液晶マスクの透過ビームをドット単位で半導体ウェハ表面に結像させるレンズユニットとを備えてなり、前記液晶マスクの1ドットの最大長さが50～2000 μm であり、前記レンズユニットによる1ドットの最大長さが1～15 μm であることを特徴とするレーザビームによる微小マーキング装置により達成される。

【0017】ここで、本発明における加工対象としての被マーキング物品は、半導体ウェハ、液晶基板などのガラス基板、ベアチップなどの電極（パッド）、IC表面、各種セラミック製品、さらにはICのリード部などがある。また、前記半導体ウェハとは、シリコンウェハそれ自体である場合が代表的ではあるが、その他にウェハ表面に酸化膜（ SiO_2 ）や窒化膜（ SiN ）が形成されたもの、更にはエピタキシャル成長させたウェハ、ガリウム砒素、インジウムリン化合物が表面に形成されたウェハをも含むものである。

【0018】穴に対する上記視認性に関しては、穴とその周辺における光の反射方向及びその反射量に大きな差がある場合に視認性が高くなることは理解できよう。従って、既述したとおり穴が開口径との関係において相対的に深い場合には視認性が高くなることは、一定の入射角度で入射された穴内部における反射光はその反射方向が一律ではなく乱反射するため、穴の開口から外部に出射して来る反射光が少なくなり、一方で穴周辺部が平滑面であることを前提とすれば、その周辺部における反射光は一定方向に反射することから明度が高くなる。その明暗の差が大きい場合に視認性は高くなるといえる。

【0019】図16(a)は穴径に対する深さが相対的に浅く、同時に既述したように穴周辺部に熔融して堆積した部分を有するドット形状をもつ従来の穴の反射光の方向と穴の視認性を示している。この図からも理解でき

るように、前記堆積部分及び穴底面において穴周辺部と同一方向に反射する反射光が存在する。そのため穴の反射光とその周辺部における反射光との間に余り明暗の差が発生せず、視認性が低くなる。これに対して、図16(b)からも明らかなように、穴径に対する深さが相対的に深く、同時に既述したように穴周辺部に熔融堆積物が存在しない平滑面からなるドット形状の穴では、その周辺部の反射光は方向性が得られるにも関わらず、穴内部からの反射光が殆どなくなるため、穴とその周辺との間の明暗差は大きくなり、視認性も高くなって、ドットの読み込みが確実になされるようになる。

【0020】視認性を高くする穴形状について、更に詳しく検討を加えたところ、穴の縦断面において開口部における内壁面が急峻な角度で傾斜するほど、穴とその周辺部との明暗差が大きくなることが判明した。最も、典型的な穴形状としては藤壺型で深い形状をもつことが望ましい。

【0021】そして、かかる形状の微小ドットを形成するには、1ドット単位に照射されるレーザ光の質及び量に対する高精度な制御が必要である。大きなビーム径のレーザ光から本発明でいう微小径のレーザ光を得るには、高品質で高出力のレーザ光が必要であるが、高出力レーザによる回折現象のため、これ以上小さく絞ることは困難であり、また仮に小さく絞れたとしても、レンズの射出角が大きくなり、焦点深度が極めて小さくなって、実加工ができるとは考えがたい。また、解像度などの点からも超精密のレンズ系が要求される。かかるレンズ系を装備させる場合には、その設備費が一段と高騰し、経済性の観点からも適用は不可能である。

【0022】そこで、本発明者等は更に検討を進めた結果、通常のレンズ系をもってドットマークの微小化を実現するには、レーザ発振器から出射されるレーザ光自体を1ドットのマーキングに必要な且つ十分なエネルギーをもつ小径のレーザ光に分割変換するとともに、各ドット単位のレーザ光のエネルギー密度分布を前述の穴形状に加工するに相応しいプロファイルに変換することが必要であることを知った。そして、かかる好適で且つ均整なプロファイルを成形するには、その前段階にて前記変換される以前の各ドット単位のレーザ光におけるエネルギー密度分布を平滑化しておく必要のあることも分かった。

【0023】前記微小化のための光源を得るには、中央制御部に書き込まれた各種データに基づいて液晶マスクの各液晶単位で任意に光の透過・非透過を駆動制御できる液晶がマトリックス状に配列された液晶マスクを採用することが合理的である。

【0024】また、エネルギー密度分布がガウシアン形状をもつレーザ発振器から出射されるレーザ光のエネルギー密度分布を、例えばトップハット形状に類似した平滑化された形状に変換するには、例えばフライアイレン

ズやバイナリーオプティクス、シリンドリカルレンズを使用したマスク面上を一括して照射する方式や、ポリゴンミラー、ミラースキャナなどのアクチュエータによりミラー駆動してマスク面上をビーム操作する方式を備えたビームホモジナイザを採用することができる。

【0025】更に、前述のビームホモジナイザによりエネルギー密度分布が平滑化されたレーザ光を、上述の好適な穴形状が得られるエネルギー密度分布のプロファイルに再変換するビームプロファイル変換器としては、例えば後述するように回折光学素子、ホログラフィック光学素子、吸収/透過領域を備えた開口マスク或いは液晶マスク、凹型又は凸型のマイクロレンズアレイなどが挙げられる。

【0026】すなわち、本発明にあって、図3は前述のごときレーザ発振器から出射され、ビームホモジナイザによりエネルギー密度分布が平滑化されたビームのエネルギー密度分布を、上記ビームプロファイル変換器により更に様々な形状の穴加工に対応するエネルギー密度分布のプロファイルに変換したときに得られる各種の穴の形成過程を模式的に示している。

【0027】この図において注目すべき点は、レーザ光の光軸付近のエネルギー密度を少なくし、或いは無くすることにより内壁面が急峻な傾斜角度をもつ穴形状が得られることである。勿論、これらの図は模式的なものであるから、極端に描かれてはいるが、前述のエネルギー密度分布形状を適当に選択すれば、多様な形状の穴が得られることは、その後の実験により立証されている。

【0028】半導体ウェハ表面に形成される本発明における微小ドットとは、1ドットの最大長さが50～20000μmである液晶マスクを透過するレーザ光がレンズ系を通して得られる縮小結像、すなわち液晶マスクを透過するレーザ光の1ドットの一辺長さがレンズユニットを通して1/50～1/200に縮小され、ウェハ表面に1ドットの最大長さが1～15μmとされて照射することにより形成されるドットマーク寸法である。

【0029】これらの値は、例えばSEMI規格で許容されるドットマーク寸法の最大限の値である100μmと比較すると、3/20～1/100であって、如何に微小な寸法であるか理解できよう。

【0030】一方で、既述したように半導体基板の複数の製造工程にあっては、その各工程でマーキング部分に成膜やエッチングなどが繰り返されるため、徐々にその表面が荒れてきたり、或いはマーク穴が浅くなる可能性が高い。特に、前述のごとき微小な径をもつドットマークでは、その影響を受けやすく上述の視認性を著しく低下させる。

【0031】そこで、本件請求項2に係る発明にあっては、上記構成に加えて前記1ドットごとの加工深さを0.5～10μmと規定している。上述の穴形状に加えてその加工深さを0.5～10μmと規定することによ

り、たとえマーキング部分に成膜やエッチングなどが加工が繰り返しなされても、ドットマークと周辺との間に明暗差が維持され、視認性が確保される。

【0032】一般に、この種のレーザ光によるドットマーキングは、ウェハ表面にパーティクルが飛散して付着することを防止するため、主にソフトマークと呼ばれる溶融現象を利用した穴加工がなされており、穴周辺に盛り上がり部が形成され、レーザ光のエネルギー密度分布形状と異なったものとなる。図4(a)は従来のガウシアン形状のエネルギー密度分布をもつ一般的なレーザ光により形成される穴形状を示しており、同図(b)は本発明により形成される穴形状を示している。また、図5(a)(b)は前記穴形状をもつ各ドットマークを光学的読み取り装置により読み取ったときの、穴とその周辺部との明暗差を示している。

【0033】これらの図から理解できるように、従来のソフトマークでは、穴が浅いことと、その縦断面形状がなだらかな曲面をなすに過ぎないため、元々が穴と周辺部との明暗差が少なく、しかも、例えば化学機械的研磨(Chemical Mechanical Polishing、以下CMPという。)などの処理により穴表面が削られ、或いは穴に厚い膜が形成されるなどして、更に穴深さが浅くなり、穴とその周辺部との明暗差が更に低下することになる。

【0034】これに対して、本発明のごとくビームプロファイル変換器によりレーザ光のエネルギー密度分布形状を、急峻な傾斜角度を有し、且つ深い穴形状を得るに適した形状に変換して形成される穴形状によれば、マーキング後に複数の成膜処理やエッチングなどがなされても、上記明暗差の低下が少なく、視認性が永く維持される。

【0035】請求項3に係る発明は、上記ビームプロファイル変換手段を前記液晶マスクの前後のいずれに配してもよいことを規定している。すなわち、レーザ発振器から出射されるレーザ光を、一旦ビームホモジナイザを通して尖頭値が均整に揃ったエネルギー密度分布をもつプロファイルに成形したのち、これを液晶マスク又はビームプロファイル変換器を通じて各ドット単位に分割し、各ドットごとに上述のごとく所望の形状で且つ同一形状のプロファイルをもつエネルギー密度分布に変換する。

【0036】しかして、請求項4に係る発明は前記液晶マスクとビームプロファイル変換器との配置間隔を規定している。これはウェハ表面に照射される結像に崩れを生じさせない点で重要な要素をなすものである。つまり、前記液晶マスクの1ドットの最大長さを、前記ビームプロファイル変換手段と前記液晶マスクとの配置間隔の0.1～1.0倍に設定する。かかる範囲に前記配置間隔を規定することにより、ウェハ表面に照射される結像に崩れが生じない。

【0037】更に請求項5に係る発明にあっては、ウェ

ハ表面にドットマーキングのための穴加工を施すに必要な十分なレーザ光エネルギーを付与するため、例えば液晶マスクの駆動電圧を制御して前記液晶マスクの透過率を制御し、或いは同時に前記ビームプロファイル変換手段によるエネルギー密度分布形状を変更させて、レーザ光のエネルギー及び/又はその尖頭値の形状を制御する。

【0038】そして、前記ビームプロファイル変換手段としては、通常、請求項6～8に記載のごとく、回折現象を利用する光学部材、反射現象を利用する光学部材、或いは屈折現象を利用する光学部材などを採用できる。また、最も望ましいドット形状は藤壺型であり、この場合のレーザ光のエネルギー密度分布形状は、図3

(b)に示すごとくガウシアン形状の尖頭部分を凹状に陥没する形状に設計する。勿論、本発明にあって、ドット形状は前述の藤壺型に限定されるものではなく、例えば同図(c)に示すごとく穴底面を凹凸にするため1ドット単位のレーザ光を更に複数に分割したエネルギー密度分布形状を採用する場合もある。

【0039】本発明の微小マーキング方法は、以上の微小マーキング装置を使って実施される。その代表的な方法が、請求項9に係る発明であり、前記ビームホモジナイザにより前記レーザ発振器から照射されるレーザビームのエネルギー分布を均整化すること、1ドットの最大長さが50～2000 μm である前記液晶マスクを駆動制御して所望のパターンを形成し、前記ビームホモジナイザにより均整化されたレーザビームを前記液晶マスクに照射すること、前記ビームプロファイル変換手段を前記液晶マスクのドットマトリックスに対応する同一サイズのドットマトリックスにて構成すること、前記ビームプロファイル変換手段を通過するレーザビームのエネルギー密度分布をドット単位で所望の形状に成形すること、及び前記ビームプロファイル変換手段により所望の形状に成形された1ドットごとの各レーザビームを、前記レンズユニットにより1ドットの最大長さが1～10 μm となるように縮小して前記半導体ウェハ表面に結像させることを特徴としている。更に、請求項13の発明のごとく、前記1ドットごとの加工深さを1.5～10 μm とすることが既述した理由から望ましい。

【0040】そして、前記液晶マスクに対するレーザビームの照射は、請求項11及び12に記載しているとおり、一括照射又は液晶マスクに対してレーザビームを走査させて照射する方法が採用される。一括照射による場合には、マークを分割して液晶マスク上にパターン表示させることが望ましく、全てのマークを一括して照射する場合には装置の大型化につながりやすく、コストアップと設備の専有空間の増加を招き、格別の事情がないかぎり採用しがたいが、走査方式を採用する場合には、これらの課題はほぼ解消されるため、この走査方式の採用が一般的である。前記分割方式又は走査方式を採用する場合に、1回の照射範囲は、本発明にあって上記ホモジ

ナイザを通して変換されたトップハット型のエネルギー密度分布形状のレーザ光にあって液晶マスクの100前後のドット数の範囲を1回で捉えることができるものである。勿論、レーザ出力とその断面形状により前記数値範囲は異なることになる。

【0041】前記ビームプロファイル変換手段によるレーザビームのエネルギー密度分布の変換は、請求項14の発明のごとく前記液晶マスクの透過前又は透過後に変換させればよく、この場合に請求項15の発明のごとく前記ビームプロファイル変換手段と前記液晶マスクとの配置間隔を前記液晶マスクの1ドットの最大長さの0～10倍に設定することが望ましい。更に、望ましくは請求項16の発明のごとく前記液晶マスクの透過率などを駆動電圧を制御するなどして制御し、その透過ビームのエネルギー及び/又は尖頭形状を制御する。

【0042】

【発明の実施形態】以下、本発明の好適な実施の形態を添付図面に基づいて具体的に説明する。図1は本発明の微小ドットマーキングを形成するためのマーキング装置と、そのマーキング原理とを模式的に示した説明図であり、図2は液晶パターンに従った微小マーキングの形成原理を同じく模式的に示す説明図である。

【0043】図1において、符号10はレーザ発振器、20はビームホモジナイザ、30は液晶マスク、40はビームプロファイル変換器、50は結像レンズユニット、Wは半導体ウェハである。ここで、本実施例では被マーキング物品として半導体ウェハを例示している。なお、本実施例にあって前記半導体ウェハとは、シリコンウェハのみならず、同ウェハ表面に酸化膜や窒化膜が形成されたもの、更にはエピタキシャル成長させた半導体ウェハ、ガリウム砒素、インジウムリン化合物などにより成膜された半導体ウェハ一般を総称するものである。

【0044】本実施例にあっては、レーザ発振器10から出射されるガウシアン形状のエネルギー密度分布を有するレーザ光を、まずビームホモジナイザ20を通して、尖頭値がほぼ均一なトップハット型のエネルギー密度分布形状(B)に成形する。

【0045】こうしてエネルギー密度分布が均一に成形されたレーザ光は、次いで液晶マスク30の表面に照射される。このとき、液晶マスク30は広く知られているように所要のマーキングパターンをマスク上に駆動表示することが可能であり、図2に示すごとく前記レーザ光は同パターン表示領域内の光透過可能な状態にあるドット部分を透過する。この各ドットごとに分割されて透過したのちの各透過光のエネルギー密度分布も、前記ビームホモジナイザ20により成形された形状(B)と同一であって均一に分布されている。

【0046】本実施例にあって、前記液晶マスク30に1回で照射する領域は、ドット数で $5 \times 10 \sim 10 \times 10$ 個であり、これをレーザ光をもって一括照射するが、

かかるドット数では必要とする全てのドットマーク数を満足し得ないことが多いため、マークパターンを数区画に分割して順次液晶マスクに表示させ、これを切り換えながら組み合わせて全体のマークパターンをウェハ表面に形成するようにしている。この場合、ウェハ表面に結像させるときはウェハ又は照射位置を当然に制御移動させる必要がある。かかる制御手法としては従来から公知とされている様々な手法が採用できる。

【0047】本実施例にあっては、上記液晶マスク30を通過したドット単位のレーザ光を、続いてビームプロファイル変換器40に照射する。このビームプロファイル変換器40は前記液晶マスク30のマトリックス状に配された個々の液晶に対応して同じくマトリックス状に配列されている。従って、液晶マスク30を透過したレーザ光は、1対1に対応してドットごとに前記ビームプロファイル変換器40を通過して、ビームホモジナイザ20によりそれぞれに平滑化されたエネルギー密度分布のレーザ光が本発明特有の微小な穴形状を形成するに必要なエネルギー密度分布形状へと変換される。本実施例では前述のごとく液晶マスク30を通過した後のレーザ光を、ビームプロファイル変換器40を通過させて、そのエネルギー密度分布形状を変換しているが、液晶マスク30を通過させる前にビームプロファイル変換器40を通過させて、そのプロファイルを変換させるようにしてもよい。

【0048】ビームプロファイル変換器40を通過したレーザ光はレンズユニット50により絞られ、半導体ウェハWの表面の所定の位置に照射され、同表面に必要なドットマーキングがなされる。ここで、ミクロン単位のマーキングを複数のウェハ表面に均一に形成しようとする場合には、そのマーキング面と集光レンズとの間の距離や光軸合わせをミクロン単位で調節する必要がある。本実施例によれば、焦点検出はレーザ顕微鏡などで一般に使用されている共焦点方式で高さ計測を行い、この値からレンズの縦方向の微小位置決め機構にフィードバックさせて、自動的に焦点の位置決めがなされる。また、光軸合わせや光学構成部品の位置決め及び調整は、一般的に知られた方法が採用され、例えばHe-Neレーザなどのガイド光を通じて、予め設定されている基準スポットに適合させるべくネジ調整機構などによって調整する。この調整は組立時に一回だけ行えばよい。

【0049】上記ビームホモジナイザ20は、例えばガウシアン形状のエネルギー密度分布をもつレーザ光を、平滑化されたエネルギー密度分布の形状に成形するための光学部品を総称する。この光学部品としては、例えばフライアイレンズやバイナリーオブティクス、シリンドリカルレンズを使用して、そのマスク面上に一括照射するか或いはポリゴンミラーやミラースキャナなどのアクチュエータによるミラー駆動によってマスク面上を走査させる方式がある。

【0050】上記ビームプロファイル変換器40は、前記ビームホモジナイザ20により平滑化されたエネルギー密度分布を本発明に特有のドット形状を得るために最適なエネルギー密度分布の形状に変換させるための光学部品であり、回折現象、屈折現象或いはレーザ照射ポイントにおける光透過率を任意に異ならせるなどして、入射レーザ光のエネルギー密度分布のプロファイルを任意の形状に変換するものである。

【0051】図3(a)～(c)は、本発明によるビームプロファイル変換器40で変換されるエネルギー密度分布の形状に基づき形成されるドットマークの典型的な形状例を示している。なお、同図はレーザ光による1ドット単位のドットマーキングの形成にあたっての過程を示しており、同図に示すごとくビームホモジナイザ20により平滑化されたエネルギー密度分布をもつレーザ光は、ビームプロファイル変換器40により同図(a-1)～(c-1)に示すエネルギー分布形状(B)に変換する。同図(a)では、尖頭値の大きいガウシアン形状をなしており、これを結像レンズユニット50を通して、縮小された像を半導体ウェハWの照射ポイントに照射すると、ウェハ表面にはドット深さの大きいドットマークが形成される。

【0052】同図(b)では、ビームホモジナイザ20により平滑化されたエネルギー密度分布をもつレーザ光が、ガウシアン形状の頂上付近が凹状に陥没したエネルギー密度分布形状(B)に変換されている。これを結像レンズユニット50により縮小させて、半導体ウェハWの照射ポイントに照射すると、同図(b-1)に示すごとくウェハ表面にはドット深さが深く、且つその内壁面が底面に向けて急峻な傾斜角度で落ち込む形状に形成される。また、同図(c-1)に示すごとくビームホモジナイザ20により平滑化されたエネルギー密度分布をもつレーザ光をビームプロファイル変換器40により複数のガウシアン形状のエネルギー密度分布に変換すると、前述のようにして形成されるドット形状は同図(c-2)に示すごとくドット内周壁面が急峻に落ち込むとともに、底部が凹凸面となったドット形状が得られる。

【0053】こうした形状を有する本発明装置により形成されるドットマークは、例えば図4(a)に示す従来のドットマークの形状と異なり、図5に示すごとくドットとその周辺との明暗に大きなコントラストが得られ、以降に多様な処理がなされてもマーク読み取りに誤りが生じない。つまり、既述したとおりドット径に対する深さが相対的に深く、同時にドット周辺部に溶融堆積物が存在しない平滑面からなる形状のドットマークでは、その穴周辺部の反射光には方向性が得られ、穴内部からの反射光は内部で散乱して殆どなくなるため、穴とその周辺との間の明暗差が大きくなり、視認性も高くなって、ドットの読み込みが確実にされるようになる。更に、前記ドットの縦断面における開口部分の内壁面が急峻な

角度で下方に傾斜するほど、微小な寸法からなるドットマークであっても穴とその周辺部との明暗差が大きくなり視認性が更に確保される。

【0054】本発明にあって、微小なドットマークとは最大長さが1～15 μ mの寸法範囲にあり、穴深さが0.5～10 μ mにある。このような寸法のドットマークを形成するには、縮小レンズユニットの解像度などによる半導体ウェハWの表面の照射ポイントにおける結像に崩れを生じさせないようにするため、上記液晶マスクの1ドット当たりの1辺長さが50～2000 μ mであることが必要である。更には、前記ビームプロファイル変換手段と前記液晶マスクとの配置間隔が余り大き過ぎても或いは小さ過ぎても、周辺の光線の影響を受け或いは光軸の不安定さの影響を受けて、半導体ウェハ表面の結像に乱れを生じやすい。そこで、本発明にあっては、図17において前記ビームプロファイル変換手段40と前記液晶マスク30との配置間隔Xを前記液晶マスク30の1ドットの最大長さYの0～10倍に設定する必要がある。かかる範囲に前記配置間隔を規定することにより、ウェハ表面に照射される結像が鮮明なものとなる。

【0055】次に、本発明の上記ビームプロファイル変換器40によるレーザ光のエネルギー密度分布の変換方法を具体例に基づいて説明する。図6及び図7は回折現象を利用したビームプロファイル変換器によるエネルギー密度分布の変換説明図である。本実施例では、回折光学素子(Diffractive Optical Element)を使用している。図6(b)は5×5ドットの液晶マスク30と、これに対応して配された同じく5×5ドットの回折光学素子からなるビームプロファイル変換マスク40-1とを平行に配設した模式図である。図6(a)は前記液晶マスク30を介して前記ビームプロファイル変換マスク40-1を透過したときのレーザ光のエネルギー密度分布の変換状態を示している。図7は前記回折光学素子の構造を模式的に示した平面図であり、同図に示すごとく回折光学素子を透過するレーザ光中の矩形外周部はそのまま透過し、中央部に入射されるレーザ光は外周方向に回折される。

【0056】すなわち、前記ビームホモジナイザ10により尖頭値が平滑化されたレーザ光は、前記ビームプロファイル変換マスク40-1の1素子に入射されると、外周部の入射光は直線的に透過し、中央部の入射光は外周側に回折して、図6(a)に示すごとく外周部に向かうにつれてエネルギー密度が高くなり、中心部に向けてエネルギー密度が漸減する密度分布形状となる。そして、前記回折の角度及び間隔はレーザ光の回折条件を決定することにより算出される。かかるエネルギー密度分布に変換されたレーザ光の縮小像が半導体ウェハ表面の照射ポイントに照射されると、形成されるドットマークは周辺部に大きなエネルギーをもっているため穴周壁部がエネルギー損失なく速やかに溶融加工されるとともに

穴中央部では周辺の強力な熱伝導により同様に熔融し、図4(b)に示すごとく深く且つ縦断面が略矩形に近い穴形状に形成される。

【0057】図8は前記実施例と同様に回折現象を利用したビームプロファイル変換器の他の実施例の製作法を示しており、同図によるビームプロファイル変換器としてはホログラフィック光学素子が用いられている。その製作方法は、同図に示すごとく後述する開口マスク41からのプロファイルをリレーレンズ42及びハーフミラー43を介してフィルムタイプの透過型ホログラム44上に結像させ、これを物体光として均一な参照光と干渉させることにより、前記ホログラム44上に干渉縞を記録する。このホログラム44に前記参照光と同様の一様なプロファイルの再生光(例えば、液晶マスク30を透過したレーザ光)を入射させることにより、ホログラム44上に開口マスク41に存在したビームプロファイルが再生される。こうして製作されるホログラフィック光学素子は、上記実施例におけるビームプロファイル変換マスク40-1と類似の光学素子として取り扱うことができる。

【0058】なお、前記開口マスク41は、例えば図7に模式的に示すごとく矩形外周領域を遮光部41aとし、中央領域を矩形の回折格子状の半透過部41bとし、その中間領域を透過部41cとして構成する。本発明にあっては、図10に示すように前記開口マスク41の半透過部41bを単なる半透過部として構成し、これをそのままビームプロファイル変換器として利用することも可能である。

【0059】図11は同開口マスク41をマトリックス状に配したビームプロファイル変換器と同開口マスク41を透過したレーザ光のエネルギー密度分布を示している。同図から理解できるように、平滑化されたレーザ光は開口マスク41を透過すると半透過部を透過する光量が最も大きく且つ均一であり、中央部を透過する半透過光は矩形状の光量が半減化されたエネルギー密度を有している。このように変換されたエネルギー密度分布をもつレーザ光を半導体ウェハWの表面に照射すると、上記実施例と同様に熱の逸散がなく効率的に且つ初期の穴形状をもつドットマーキングがなされる。

【0060】図12は光透過型の液晶マスクを利用したビームプロファイル変換器の実施例を示している。同図によれば1ドットのマーキングに対して3×3ドットの液晶マスク45を使用する。そして、この液晶マスク45の中央の液晶を非駆動状態におき非透過状態とする。一方、その他の液晶を駆動して透過状態とする。かかる構成により、前記液晶マスク45に平滑化されたレーザ光を入射すると、図11(a)に示したエネルギー密度分布のレーザ光に変換されることになる。液晶マスク45のドット数を増加させれば、任意の透過部及び非透過部からなるパターンが形成できる。

【0061】図13は屈折現象を利用したビームプロファイル変換器とそのエネルギー密度分布の変換状態の実施例を示している。同図に示す例は、ビームプロファイル変換器47として凸型のマイクロレンズアレイをマトリックス状に配置しており、同ビームプロファイル変換器47をドット単位で通過したレーザ光のエネルギー密度分布は、同図(a)に示すごとく細長いガウシアン形状を呈し、その形状を任意に絞れば開口寸法と比較して穴深さの大きいドットマーキングが形成される。

【0062】図14は単にマトリックス状に多数の開口を形成した開口マスクをビームプロファイル変換器48として利用する例を示している。この例によれば、回折現象を利用して開口の大きさや形状を変更することにより、ビームプロファイル、すなわちビームの形状そのものを任意に制御できる。例えば、前記開口の形状を図15(a)のごとく方形とする場合には、その方形の開口を通過するビームホモジナイザ10によりエネルギー密度分布が平滑化されたレーザ光は略円形に近いレーザ光に変換され、同図(b)に示すごとく方形の各辺を内側に括った開口形状を採用する場合には、同開口を通過後のレーザ光は略方形断面を有することになる。

【0063】以上の説明からも明らかなように、本発明に係るドットマーキング装置及びマーキング方法によれば、半導体ウェハ表面に従来の3/20～1/100の大きさの微小なドットマーキングを形成することができ、そのドット形状が穴径に比して深さが大きく、しかも穴の周壁が急峻な角度をもって下方に傾斜した本発明特有の形状が任意に得られるため、マーキング後にウェハ表面に多様な成膜処理などがなされて各ドットに被膜が形成されても、その穴内部と周辺との明暗差が確保され、以降の読み込みが正確になされる。なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、それらの実施例から当業者が容易に変更可能な技術的な範囲をも当然に包含するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の微小ドットマーキング装置とレーザ光のエネルギー密度分布(ビームプロファイル)の変換過程を模式的に示す説明図である。

【図2】本発明装置における液晶マスクの表示パターンに従って形成されるドットマークとレーザ光のエネルギー密度分布の変換過程を模式的に示す説明図である。

【図3】本発明装置におけるビームプロファイル変換器によるビームプロファイルの変換形状に基づき形成されるドット形状例の説明図である。

【図4】従来のドットマークと本発明によるドットマークとその反射光の進路比較図である。

【図5】従来のドットマークと本発明によるドットマークの明暗差を模式的に示す比較図である。

【図6】回折現象を利用した上記ビームプロファイル変換器を採用したときのビームプロファイルの変換形状の

一例を模式的に示す説明図である。

【図 7】前記ビームプロファイル変換器に使用される回折光学素子の平面図である。

【図 8】回折現象を利用したホログラフィック光学素子の製作法を示す説明図である。

【図 9】同ホログラフィック光学素子によるビームプロファイル変換器と同変換器によるビームプロファイルの変換形状の一例を示す説明図である。

【図 10】吸収／透過領域を有する開口マスクの平面図である。

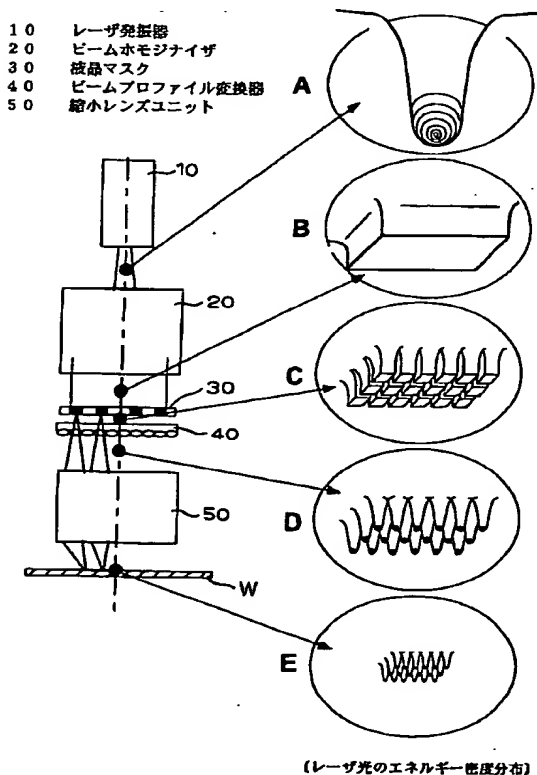
【図 11】同開口マスクからなるビームプロファイル変換器によるビームプロファイルの変換形状の一例を模式的に示す説明図である。

【図 12】液晶マスクを利用したビームプロファイル変換器の一例を示す平面図である。

【図 13】屈折現象を利用した凸型レンズアレイによるビームプロファイル変換器とビームプロファイルの変換形状例の説明図である。

【図 14】単純な開口マスクによるビームプロファイル変換器を採用したドットマーキング装置の概略構成図である。

【図 1】



本発明の微小ドットマーキング装置とレーザー光のエネルギー密度分布（ビームプロファイル）の変換過程を模式的に示す説明図

【図 15】単純な開口マスクの開口形状とその形状に対応するドットマークの比較図である。

【図 16】穴形状による視認性の説明図である。

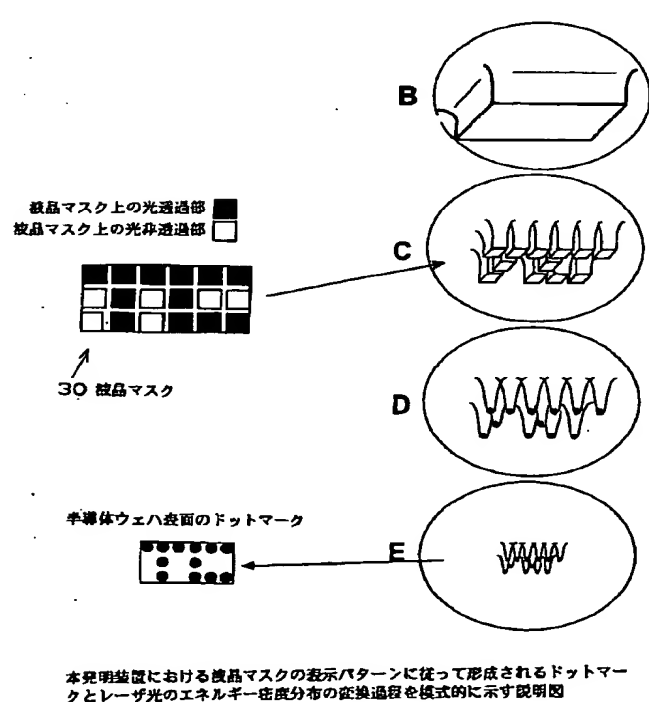
【図 17】液晶マスクとビームプロファイル変換器の配置関係を示す説明図である。

【図 18】レーザー光による一般的なドットマーキング装置の一例を示す全体構成図である。

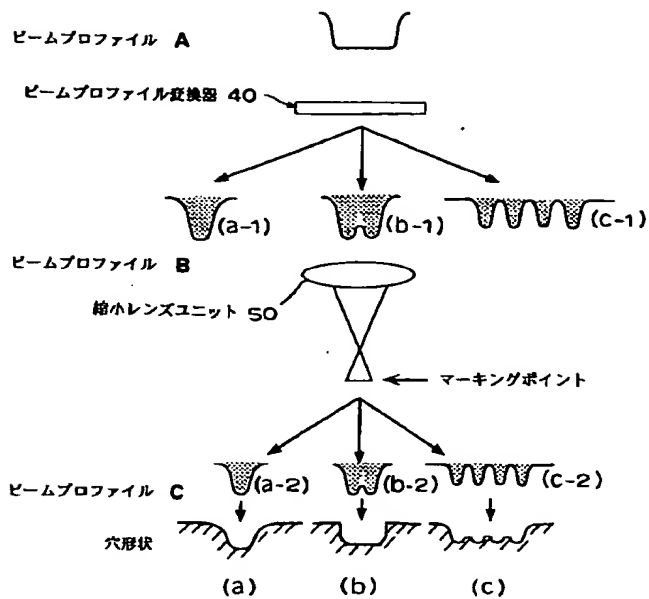
【符号の説明】

10	レーザ発振器
20	ビームホモジナイザ
30	液晶マスク
40	ビームプロファイル変換器
40-1	ビームプロファイル変換マスク
41	開口マスク
41a	遮光部
41b	半透過部
41c	透過部
45	液晶マスク
46~48	ビームプロファイル変換器
50	縮小レンズユニット

【図 2】

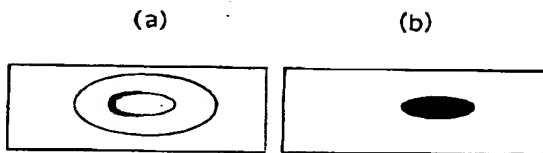


【図 3】



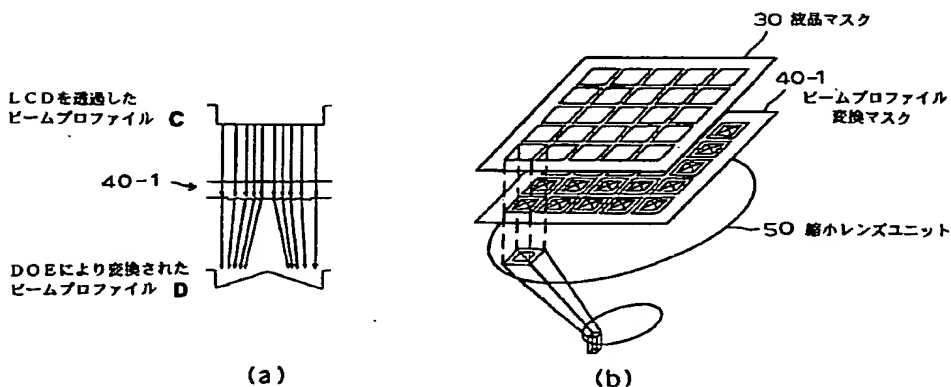
本発明装置におけるビームプロファイル変換器によるビームプロファイルの変換形状に基づき形成されるドット形状例の説明図

【図 5】



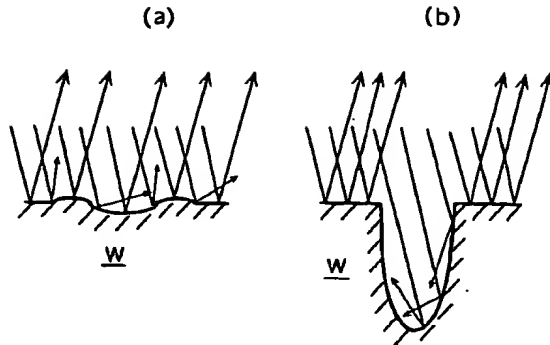
従来のドットマークと本発明によるドットマークの明暗差を模式的に示す比較図

【図 6】



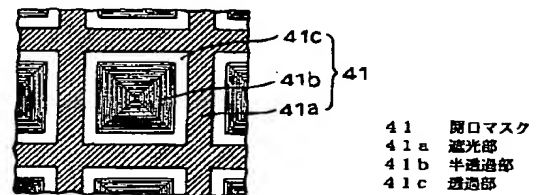
回折現象を利用した本発明装置におけるビームプロファイル変換器を採用したときのビームプロファイルの変換形状の一例を模式的に示す説明図

【図 4】



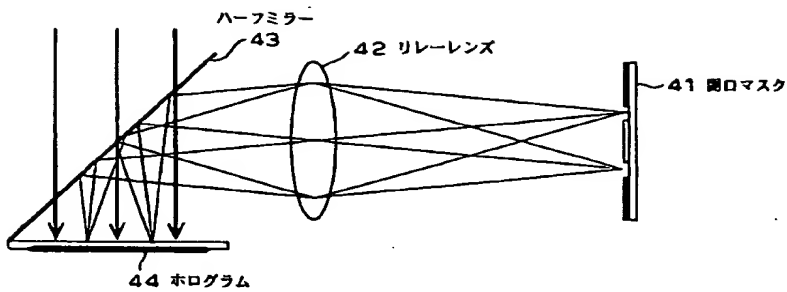
従来のドットマークと本発明によるドットマークとその反射光の進路比較図

【図 7】



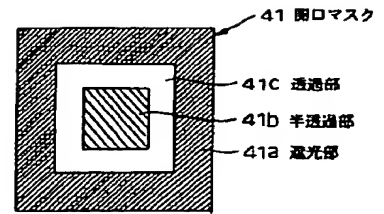
本発明装置におけるビームプロファイル変換器に使用される回折光学素子の平面図

【図8】



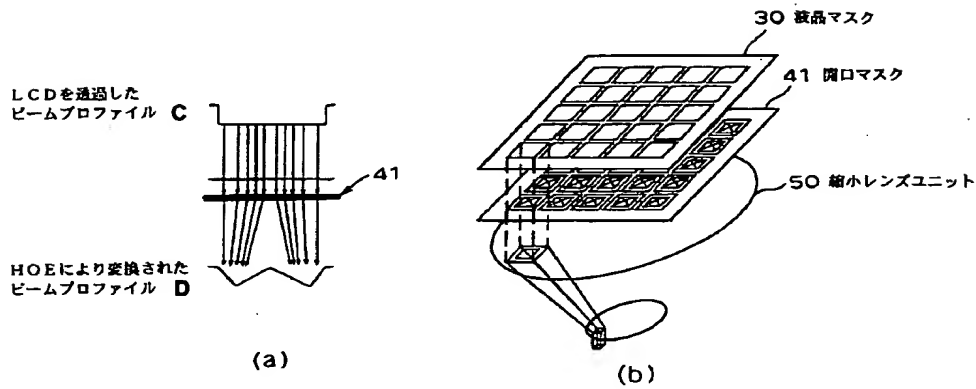
回折現象を利用したホログラフィック光学素子の製法を示す説明図

【図10】



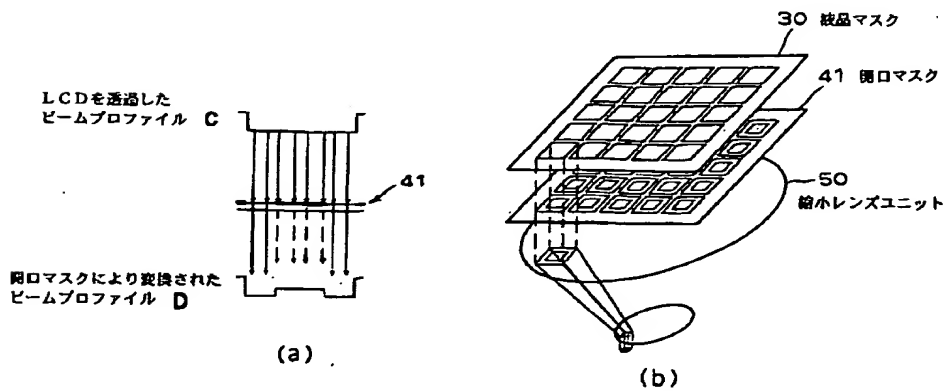
吸収/透過傾域を有する開口マスクの平面図

【図9】



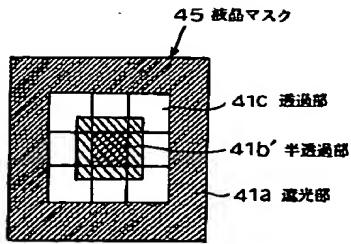
解析現象を利用したホログラフィック光学素子によるビームプロファイル変換器と同変換器によるビームプロファイルの変換形状の一例を示す説明図

【図11】



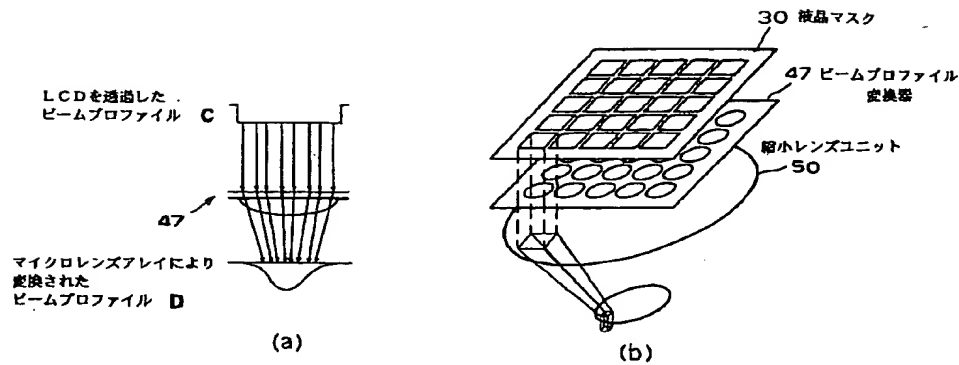
吸収/透過傾域を有する開口マスクからなるビームプロファイル変換器によるビームプロファイルの変換形状の一例を模式的に示す説明図

【図12】



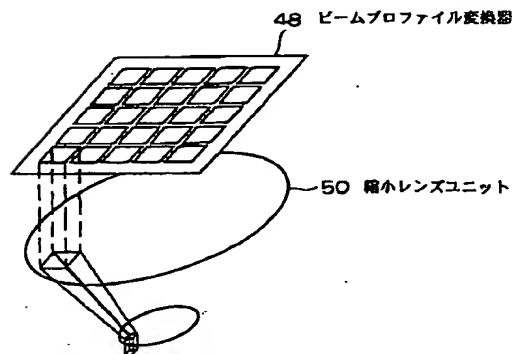
被晶マスクを利用したビームプロファイル変換器の一例を示す平面図

【図13】



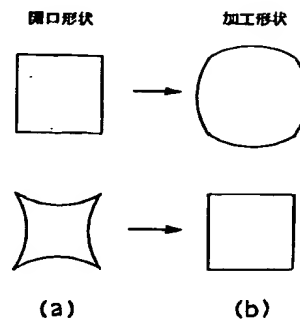
屈折現象を利用した凸型レンズアレイによるビームプロファイル変換器とビームプロファイルの変換形状例の説明図

【図14】



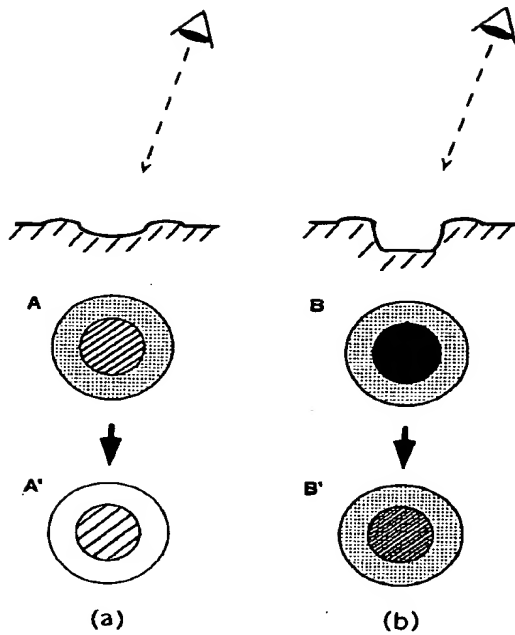
単純な開口マスクによるビームプロファイル変換器を採用したドットマーキング装置の概略構成図

【図15】



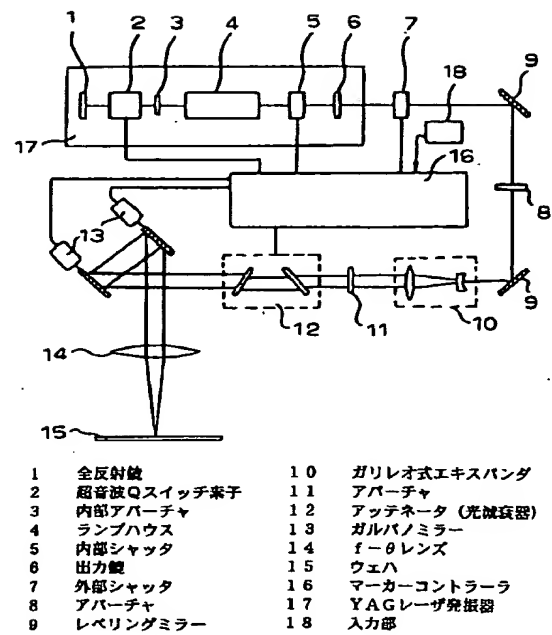
単純な開口マスクの開口形状とその形状に対応するドットマークの比較図

【図16】



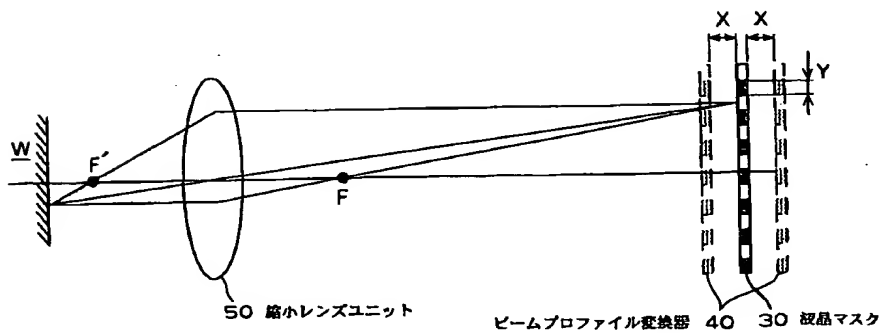
穴形状による視認性の説明図

【図18】



レーザー光による一般的なドットマーキング装置の一例を示す全体構成図

【図17】



結晶マスクとビームプロファイル変換器の配置関係を示す説明図